

Discursos sobre o gene: entre construções e reconstruções

Discourses on the gene, between buildings and reconstructions

Fernanda Peres Ramos¹, Marcos Cesar Danhoni Neves², Maria Júlia Corazza³

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM/ Mestrado em Educação para a Ciência e o Ensino de Matemática-PCM/fernandaperes@ibest.com.br.

²UEM/ PCM/Departamento de Física /macedane@yahoo.com.

³UEM/PCM/Departamento de Biologia/mjcorazza@uem.br

Resumo

Os acontecimentos a partir do século XX, entre eles o modelo de dupla-hélice do DNA proporcionaram a materialização de conceitos como o gene, fomentando a aspiração de compreender o que é um ser humano. Estas manifestações se firmaram com o desenvolvimento do Projeto Genoma Humano (PGH). As expectativas direcionadas pelo PGH fomentaram a visão determinista de que todas as expressões gênicas estariam determinadas, predominantemente, pela transcrição e tradução de sequências do DNA em proteínas, evidenciando um persistente cientificismo. Entretanto, os resultados do PGH ao invés de apoiar essas noções trouxeram respostas inesperadas. Tais constatações despertam questões como: o que são genes? Afinal, o conceito de gene atravessa uma crise ou anomalia? Diante disso, a presente pesquisa analisou os discursos de professores-pesquisadores acerca do gene. Os discursos trouxeram manifestações sobre rupturas, anomalias ou linearidade sobre o conceito, revelando os valores científicos imbuídos nos discursos.

Palavras-chave: gene, Projeto Genoma Humano, determinismo.

Abstract

The events from the twentieth century, including the double-helix model of DNA provided the materialization of concepts such as the gene, promoting the desire to understand what a human being. These demonstrations were settled with the development of the Human Genome Project (HGP). Driven by the expectations fostered PGH deterministic view that all gene expressions were determined predominantly by the transcription and translation of DNA sequences into proteins, indicating a persistent scientism. However, the results of the HGP rather than support these notions brought unexpected answers. These findings arouse questions as: What are genes? After all, the concept of gene is in crisis or anomaly? Therefore, the present research examined the discourses of teachers and researchers about the gene. The speech brought protests on breaks, or linear anomalies on the concept, revealing the values imbued in scientific discourse.

Keywords: gene, Human Genome Project, determinism.

Introdução

O século XX tornou-se um marco importante no ramo da biologia responsável pelo estudo da hereditariedade – a genética. Durante sua história, como em todos os ramos da

ciência, aconteceram rupturas e descontinuidades no conhecimento e não apenas o acúmulo de informações, pela justaposição linear. Entretanto, apesar dessa descontinuidade acontecer, autores como Kuhn (1998) mencionam que as comunidades científicas, em grande parte do tempo, trabalham com perspectivas nas quais o paradigma vigente possa responder.

Nessa perspectiva, desde o surgimento da terminologia gene pelo cientista dinamarquês, Wilhelm Johannsen, em 1909, um caminho de sucessivos modelos foi trilhado pela genética, durante o século XX, contribuindo para o que se apresentou em vários momentos como uma sucessão de resultados mais cumulativos do que descontínuos (KELLER, 2002). Mas o que Johannsen queria definir com a palavra gene? De acordo com o pesquisador, sua intenção era criar uma palavra nova, livre dos conceitos preformacionistas associados com termos anteriores como as gêmulas usadas por Darwin ou os determinantes enfocados por Weismann. Neste contexto Johannsen escreve:

[...] parece mais simples isolar as duas últimas sílabas, gene, que é o que nos interessa [...]. A palavra gene está completamente livre de qualquer hipótese: ela expressa somente o fato evidente que, em qualquer caso, muitas características de um organismo são especificadas nos gametas por meio de condições especiais fundadoras e determinantes, as quais estão presentes de maneira única, separada e, portanto, independente – em resumo, precisamente o que gostaríamos de chamar de genes (Johannsen, 1909, p. 124).

Embora Johannsen concebesse a herança baseada em processos físico-químicos e advertisse que o gene poderia ser representado por algo estrutural, morfológico, não se preocupou em estabelecer uma estrutura material para o gene. Tais escritos do autor conduz a percepção de que ao introduzir a palavra gene, ele não se preocupou em definir um aspecto físico e palpável para a palavra, tampouco, criar um conceito diagnóstico estanque.

Entretanto, nas primeiras décadas do século havia, ainda, certo ceticismo em relação aos genes, demonstrado, principalmente, por T. H. Morgan, ao afirmar que “Não há opinião consensual sobre o que são os genes – se eles são reais ou puramente fictícios” (Morgan, 1963, p. 315). Todavia, para Mayr (1982), nesse período, a terminologia ‘gene’, criada por Johannsen, já era associada a supostos componentes que deveriam fazer parte das estruturas cromossômicas. Portanto, nas primeiras décadas do século XX, os genes começavam a ganhar contornos físicos, passando a ser representado como corpúsculos discretos dispostos linearmente como ‘contas de um colar’ (COUTINHO, 1998).

A partir da década de 1920, várias questões da genética clássica começaram a ser respaldadas firmemente, quando especulações e suposições foram substituídas por evidências sólidas e provas consideradas incontestáveis. Nesse período, os aspectos básicos da hereditariedade se incorporaram à genética, ficando cada vez mais nítido que moléculas altamente complexas constituíam a base da hereditariedade, e que a única maneira de progredir no conhecimento era entender algo mais sobre a química do gene.

Todavia, as pesquisas que se desencadearam na proposição do modelo de dupla-hélice do DNA por Watson e Crick, em 1953, viabilizaram ao gene, além de uma composição química, uma estrutura molecular, permitindo que esta palavra fosse atribuída não apenas como um fator hereditário, mas como seqüências de DNA transcritas e traduzidas em proteínas (HAUSMANN, 1997).

De acordo com El-Hani (2007), este cenário científico possibilitou a materialização do gene, passando-se de uma visão instrumental para uma visão física e molecular, contribuindo dessa forma para a fomentação de um reducionismo molecular, ou seja, a tendência de reduzir tudo às moléculas. Nesse prisma, Keller (2002) aponta que os trabalhos desenvolvidos a partir da década de 1950 buscaram alicerces em uma biologia voltada para as

moléculas e as relações químicas, a qual colaborou para a materialização do gene, reforçada posteriormente, pelos trabalhos da engenharia genética, na década de 1970.

Após os trabalhos de Watson e Crick, a descoberta de que, com raras exceções, o código genético é universal, permitiram aos cientistas vislumbrarem manipular a molécula de DNA, isolando, modificando e transferindo genes de um organismo para outro. Adentrava-se a uma nova fase, linear e cumulativa para a ciência que havia descoberto o gene como o responsável pelas características dos indivíduos - a manipulação gênica.

Tais acontecimentos direcionados pela ciência particular da biologia, especificadamente no ramo da genética retratam sólidos alicerces empírico-positivistas, onde a forma física torna-se ferramenta de validação da ciência. Desse modo para um modelo científico pautado em validações de verdades, nada mais útil do que uma unidade hereditária palpável, o gene.

Nessa perspectiva autores como Gil Pérez e seus colaboradores (2001) ao mencionar as possíveis visões deformadas do trabalho científico afirmam que na recontextualização acadêmica entre os modelos transmite-se uma visão acumulativa de crescimento linear dos conhecimentos científicos, de modo que, o trabalho científico aparece como fruto de um crescimento linear, puramente acumulativo (IZQUIERDO, SANMARTÍ E ESPINET, 1999), ao passo que as crises e as remodelações profundas são ignoradas.

No que se refere ao processo histórico, não restam dúvidas de que os trabalhos genéticos, ainda que direcionados por esse prisma cientificista, possibilitaram grandes avanços na caracterização do material genético, fazendo com que os cientistas das últimas décadas do século XX, se estribassem em certezas, propondo uma relação cada vez mais intrínseca entre o gene e a expressão gênica dos organismos vivos (KELLER, 2002).

Esses aspectos foram pano de fundo para o advento da engenharia genética ou tecnologia do DNA recombinante que, a partir da década de 1970, permitiu aos cientistas, por meio da posse de tantas ferramentas, ousarem sonhos mais altos. Nas décadas finais do século XX, a possibilidade de manipular e rearranjar trechos de DNA, gerada pela tecnologia do DNA recombinante, tornou-se o cerne de um sistema tecnológico em trâmite. Para Leite (2007), esses avanços denominados de biotecnologia penetraram na medicina, na reprodução humana e na agricultura, tendo como base a conversão da pesquisa biológica a um modelo predominantemente molecular, voltado para o reducionismo e determinismo genético.

Nessa atmosfera social e científica, em meados da década de 1980, iniciaram-se as discussões sobre o desenvolvimento de um mega projeto de mapeamento e sequenciamento do genoma humano, com o objetivo primeiro de detectar mutações entre os sobreviventes da bomba atômica e acelerar a compreensão dos mecanismos responsáveis pelo câncer (DULBECCO, 1997).

Como uma das maiores e mais divulgadas empreitadas da genética molecular, o Projeto Genoma Humano (PGH) teve início em 1990 com a tarefa de mapear e seqüenciar o genoma humano e a promessa de revelar “o que é ser humano” (Roberts, 2000, p. 1185). Contudo, a perspectiva de descobrir ‘o que significa ser humano’, da cura imediata de doenças genéticas por meio da identificação e manipulação dos genes, foi mitigada com as publicações de uma extensa lista de letras, simbolizando a ordem de 3,2 bilhões de bases que compõem o DNA humano, que pouco, porém, revelou em termos de genes, genótipo e fenótipo.

Os resultados obtidos com o PGH, ao invés de acumular conhecimentos para uma ciência linear, trouxeram respostas inesperadas, como por exemplo, a informação de que o genoma humano não seria constituído por um número tão grande de genes, assim como era

imaginado no início da pesquisa, representando não mais que 30.000 genes, e ainda o fato de que, apenas cerca de 2% do genoma humano seriam codificados em proteínas (WATSON; BERRY, 2005).

Diante de um número tão reduzido de genes em relação ao que se imaginava antes das pesquisas, e da percepção de que organismos inferiores seqüenciados possuíam um genoma pouco diferente daquele dos organismos considerados superiores, algumas questões emergem: o que há entre os genes e sua expressão final? Quais as funções dos genes? O que são genes? Afinal, o conceito de gene atravessa sintomas de crise ou anomalia conceitual?

Cinquenta anos após a descoberta da estrutura do DNA, e ao tempo que o PGH atingia os objetivos de mapear e seqüenciar o genoma humano, surgiram novas incógnitas sobre o que é gene. Usando as palavras de Keller (2002, p.79), trata-se hoje de “um conceito em apuros”. Autores como Jackson-Grusby e Jaenisch (1996) mencionam que o momento atual direciona o pensamento genético à complexidade e à multicausalidade, indo além da relação direta entre genes e características.

Tais aspectos tecem esse cenário científico, tornando pertinente essa pesquisa qualitativa, que teve como objeto de análise os discursos de professores-pesquisadores do ensino superior perante questões sobre os avanços biotecnológicos. A análise dos discursos teve o objetivo de identificar nos entrevistados suas concepções acerca do conceito de gene, o que, por conseguinte, permitiu visualizar quais valores permeiam suas construções científicas.

Procedimentos Metodológicos

Para coleta de dados foram selecionados quatro professores-pesquisadores do Ensino Superior, sendo participantes: um(a) Geneticista, um(a) Citologista, um(a) Bioquímico(a) e um(a) Filósofo(a) da Ciência. Todos os entrevistados possuem mais de dez anos de atuação e participam ativamente nas pesquisas em suas respectivas áreas.

A escolha de profissionais dessas áreas se deu pelo fato de as questões que nortearam as entrevistas tratarem de assuntos emergentes ao final do século XX e início do século XXI, no campo da genética biomolecular, e de que o artigo busca entre suas análises, compreender a concepção de gene entre os entrevistados. O foco das questões no PGH se justifica por esse empreendimento representar a aceleração das pesquisas atingida nesse campo de conhecimento desde os meados do século passado até o presente momento, além de mostrar-se como uma forma de extrair a concepção de gene dos professores-pesquisadores de maneira implícita e indireta.

Tratou-se também de identificar a presença de valores discursivos como o determinismo genético, expressos pela crença de que o DNA possuísse todas as informações codificadas (necessárias e suficientes) para determinar as características que por sua vez não poderiam ser alteradas (BURBANO, 2006), ou ainda por afirmações reducionistas, caracterizadas por conceitos científicos fechados que se utilizam de argumentos sempre recursivos para confirmar sua construção, compreendidos aqui como valores pertinentes a ciência moderna. Em contrapartida buscou-se também nos discursos detectar a presença de transitoriedades discursivas desvelando sintomas pós-modernos ou contemporâneos, dimensionados pela complexidade, multicausalidade e flutuações dos fenômenos biológicos entre os entrevistados (LATOURETTE, 2000).

Para a obtenção de informações sobre as influências de concepções que norteiam a visão científica dos entrevistados, foi elaborado um roteiro de questões semi-estruturadas, aplicada por intermédio de entrevistas. Tal intenção pauta-se no fato de que possivelmente

apenas uma única questão direta estimularia o entrevistado à responder de forma mais rebuscada e menos genuína.

As questões semi-estruturadas elaboradas para as entrevistas são apresentadas abaixo:

- 1) Um dos aspectos relevantes do PGH e das pesquisas realizadas após este evento científico é o fato de colocar em choque muitos dos conceitos estabelecidos até então, como por exemplo: um gene-uma proteína; gene como um trecho de DNA que codifica proteínas. Como você conceituaria o que é gene hoje?
- 2) Ainda neste contexto, cinquenta anos atrás um dos maiores biólogos moleculares declarou que se tivesse um computador suficientemente poderoso e a seqüência do DNA de um organismo, “poderia computar esse organismo” (Jacob *apud* Lewontin, 1997, p. 98). Atualmente, neste século, vivemos uma época de grandes avanços na área computacional e também na área da engenharia genética. Você acredita ser possível computar um organismo tendo o conhecimento das bases de seu DNA?

As entrevistas foram realizadas entre março e setembro de 2009, compreendendo uma amostra envolvendo quatro participantes. Ao final da coleta de dados foi realizada uma análise qualitativa apresentado como objetivo a identificação das concepções explicitamente ou implicitamente manifestadas nos professores-pesquisadores acerca do conceito de gene. Tais discursos trouxeram suas concepções sobre possíveis rupturas, anomalias ou linearidade sobre o conceito de gene, revelando, por conseguinte, outro ponto importante dessa Análise, a identificação dos valores científicos permeados em seus argumentos discursivos.

Durante a Análise Discursiva deste trabalho a Fenomenologia mostrou-se um importante suporte metodológico, oportunizando o acesso aos sentidos estabelecidos nas produções verbais dos entrevistados, haja vista a intenção em desvelar os valores e ideários, implicitamente manifestos na essência dos discursos, os quais estão presentes muitas vezes não apenas na fala, mas no silêncio e nas concepções implicitamente expressas.

Para a Fenomenologia a essência objetivada não é um conteúdo conceitual, passível de definição, mas uma significação da essência existencial, que como tal deve ser descrita (MARTINS, 1992). Portanto, na Pesquisa Fenomenológica o que se objetiva são os significados que os sujeitos atribuem à sua experiência vivida, significados esses que se revelam a partir das descrições realizadas por esses mesmos sujeitos.

Apresentação e Discussão de Idéias e Concepções

Na perspectiva da Análise Fenomenológica, acontecem três momentos durante a Análise, denominados de *descrição*, *redução* e *compreensão* (Martins, 1992). Para tanto, ao longo das análises aconteceram *reduções* fenomenológicas após cada questão, onde foram destacados alguns trechos dos discursos, denominados de *unidades de significado* em que apareceram evidências de concepções e ideologias quanto ao conceito de gene e, por conseguinte, evidências de seus valores e ideologias quanto à ciência.

As unidades de significado identificadas possibilitaram concomitante uma *compreensão ideográfica*, onde se procurou tornar visível a ideologia presente nas descrições dos sujeitos, ou seja, a representação do professor-pesquisador em sua essência. Na seqüência, aconteceu à formação de categorias de discursos, onde puderam ser evidenciados valores científicos pautados na linearidade, ruptura ou ainda, em uma transição sobre o conceito de gene.

Essa trajetória fenomenológica propiciou, com base nas divergências e convergências expressas pelas *unidades de significado*, também uma *compreensão nomotética* geral dos discursos entre os professores-pesquisadores. Cabe ressaltar que os discursos dos professores-pesquisadores foram analisados com base nas questões semi-estruturadas apresentadas, levando em consideração os conceitos empregados e também as concepções implícitas em seus discursos.

Diante da perspectiva do PGH e das pesquisas posteriores terem colocado em choque muitos conceitos estabelecidos como, por exemplo, um gene-uma proteína, gene como um trecho de DNA que codifica proteínas, inicialmente os entrevistados foram questionados sobre como conceituariam o gene hoje.

Entre os discursos apareceram *unidades de significado* considerando que “o gene é uma seqüência de DNA que codifica para um polipeptídeo, e esse polipeptídeo pode ser uma proteína” e, ainda, que “esse peptídeo pode ser uma enzima ou uma proteína que não tem atividade enzimática” (Citologista). Outro participante, geneticista, elicitou:, “podemos definir o gene como uma seqüência de DNA que codifica para uma cadeia polipeptídica, que é o conceito empregado nos livros de genética. [...] fico com ele, embora saibamos que não é só isso [...]”.

Esses discursos apresentaram resistência em relação a algumas alterações no conceito de gene, e também, uma preocupação em utilizar conceitos alternativos, o que demonstra cuidado, porém, também certa resistência à mudanças conceituais. Cabe destacar que, entre os discursos surgiram indícios de uma dificuldade para se estabelecer um conceito contínuo e fechado para o gene, conforme pode se observar abaixo:

O conceito antigo de gene era um gene-uma proteína. [...] essa frase era uma frase feita e gostamos de frases feitas, pois são mais fáceis de entender. Obviamente essa frase não se sustenta inclusive se estou bem informado a maior parte do genoma não se sabe para que sirva. Talvez seja esse o grande desafio [...] (Bioquímico).

Nas palavras do professor-pesquisador acima, fica perceptível que o conceito de gene não atravessou até o momento, um caminho linear, mas permeado de rupturas e ainda impreciso. O discurso desse entrevistado em relação a essa questão, não apresentou um conceito fechado, mas noções de que seus paradigmas anteriores não se sustentam diante das pesquisas pós-genômicas, o que revela a presença da categoria de *ciência das incertezas e imprevisibilidades*. Diante desse fato, vale lembrar que o conceito de gene durante seus cem anos de criação terminológica, atravessou períodos de confirmações e outros que demonstraram algumas desestabilizações em seus pilares.

Todavia, vale ressaltar que, apesar do conceito de gene apresentar indícios de rupturas e crise, de acordo com Morin (1990; 1991), a mudança de um paradigma é difícil e lenta, pois a mudança de premissas implica o colapso de toda uma estrutura de idéias. Esse pressuposto pode ser evidenciado nas palavras de um dos entrevistados, que ao se portar ao conceito de gene ressaltou que “o conhecimento é algo contínuo. Cada pedrinha que foi sendo adicionada antes e pós PGH foi crescendo uma série de informações” (Citologista).

Essas afirmações são puramente pautadas nos valores de *ciência linear e cumulativa* (categoria discursiva). Mas será que todos os acontecimentos na ciência são cumulativos e lineares? Certamente todas as informações servem para a construção da ciência, entretanto, isso não implica no fato de que, de tempos em tempos, pesquisas recentes desestabilizem conceitos anteriores. Tal fato pode ser observado nas unidades de significado abaixo, onde o entrevistado apresentou a necessidade da absorção de concepções alternativas para o gene.

[...], se o conceito de gene vai sobreviver no século XXI, deve ser pensado como verbo e não substantivo. Então ao invés de dizer que tem gene no DNA, eu diria que o DNA tem um conjunto de domínios, que seriam definidos como regiões, que são estrutural ou funcionalmente definidas, [...]. De maneira que eu diria que essas células ‘geneiam’ e talvez o local onde de fato você encontrará um gene seja no RNAm maduro.

Agora claro que tem o problema de que o gene que está lá no RNAm maduro, ele não tem as propriedades de estabilidade que esperamos do gene como material de herança. [...]. Talvez essa seja a única maneira do conceito de gene sobreviver

nesses novos tempos. Lançamos sobre o gene várias expectativas que talvez não seja possível lançar sobre eles, como as expectativas de que eles seriam a unidade de estabilidade no material genético. Agora depois de vários projetos apareceram algumas expectativas de salvar essa coisa do gene [...], a partir desses resultados dos projetos tentam propor uma definição de gene mais tradicional (Filósofo da Ciência).

Esse discurso está imbuído de noções de uma ciência *complexa e multicausal*. O pesquisador apresenta as possíveis vertentes que esse conceito venha a seguir como forma de sobrevivência no século XXI. Entre tais vertentes, destaca-se uma visão instrumental ao gene, que, por conseguinte, retira tantos “poderes” dados ao conceito. O entrevistado, porém, lança uma opção de salvação conceitual pautada em uma visão tradicional ao invés de alternativa. Tais pontos trazem a discussão que talvez o conceito, assim como os valores da Ciência Moderna, permaneça invicto por mais algum tempo. Haja vista que, o cientista pesquisador trabalha a partir de um grupo de valores e fatores de atuação (LATOURET, 2000) e, portanto, na maioria das vezes valores emergentes como a complexidade e a multicausalidade não se revelam como uma intenção do pesquisador. Desse modo, cabe lembrar que para Morin (1990) as mudanças de valores e logo, a ruptura do espectro de alcance dos modelos científicos ocorrem por meio das experiências e evidências que colocam o pesquisador frente a frente com os limites do modelo vigente (MORIN, 1990).

Diante dessas afirmações, será que se pode enquadrar o conceito de gene como um caso de ruptura de modelo ou de conjunto de valores paradigmáticos? Ou, trata-se apenas de fissuras, anomalias, as quais poderão ser sanadas com as próximas pesquisas científicas? Certamente, essas são questões complexas, entretanto, a que se admitir que o conceito de gene atravessou vários momentos conceituais divergentes, desde a relação um gene-uma enzima até chegar aos dados experimentais que demonstraram o processo de splicing alternativo ou emenda alternativa (GRABOWSKI et al., 1985). Esses dados modificaram a noção do gene, levando ao entendimento de que um gene poderia produzir múltiplas proteínas diferentes a partir da uma mesma seqüência. Neste novo contexto, a definição ficou resumida na expressão conhecida de “um gene, várias proteínas” que representava a noção de uma seqüência de DNA que possui exons como segmentos independentes e que estes exons dependendo do contexto celular poderiam fazer proteínas diferentes.

Possivelmente, essa definição continuaria mudando, e de forma significativa, quando se descobriu que alguns íntrons, normalmente considerados como lixo molecular, em determinados contextos celulares poderiam fazer parte das proteínas (Hirata et al., 2003). Desta forma a definição que atendeu estas mudanças conceituais ficaria como uma seqüência de DNA com íntrons e exons e que, dependendo do contexto celular, ambos podem formar parte de cadeias polipeptídicas diferentes (KELLER, 2000).

Este processo de grandes mudanças culminou com as evidências experimentais do processo celular de edição (editing) na qual os RNAm produzidos pelas células podem sofrer adição de bases uracilas em locais específicos, chegando ao ponto difícil de se aceitar de que algumas proteínas não possuem informação codificada nos genes (Stuart et al., 2005; Turelli, Trono, 2005). Essa seqüência de mudanças parece ter alcançado seus limites, direcionando o conceito de gene para uma possível complexidade, e, portanto, defrontando os pilares de seu paradigma.

Vale lembrar que o resultado do PGH ao invés de apoiar as noções de determinismo genético criou desafios críticos a essas noções clássicas. Ora, cerca de dez anos atrás, muitos biólogos acreditavam que o seqüenciamento “pudesse, por si só, prover tudo o que era necessário para compreender a função biológica” (KELLER, 2002, p. 17). Entretanto, suas

conclusões revelaram o “abismo entre informação genética e significado biológico” (KELLER, 2002, p. 19).

Os resultados, ao apresentarem como novo desafio o entendimento da função e regulação gênica, demonstraram a existência de uma relação intrínseca entre genes e controles epigenéticos, como por exemplo, o processo de metilação (WOLFFE & MATZKE, 1999). Não restam dúvidas de que exista uma gama de complexidade no funcionamento gênico e, ainda, que o mapeamento gênico não prevê todas as funções e regiões codificadoras. Portanto, de acordo com Stephens (1998, p. R47) “a era da análise genômica representa um novo começo, não o começo do fim, da biologia experimental”.

Na seqüência, os entrevistados foram questionados sobre o fato de acreditarem ser possível *computar* um organismo tendo o conhecimento das bases de seu DNA (LEWONTIN, 1997, p. 98). Todavia, essa questão retoma novamente um dos pontos melindrosos da genética molecular, a relação entre a propulsão de expectativas que emergiam a partir da década de 1950-1960 com as pesquisas em desenvolvimento e as novas expectativas direcionadas pela genética após o PGH e o seqüenciamento. O discurso necessário nessa questão assenta o professor-pesquisador diante dos conhecimentos apropriados para a sua formação do conceito de gene, revelando suas noções sobre possíveis anomalias em uma visão física e a retomada de uma visão instrumental.

Os entrevistados revelaram acreditar não ser ainda possível computar um organismo, justificando que: “[...] A seqüência de nucleotídeos de um organismo é algo muito complexo, é uma coisa muito imbricada [...]. O gene não é uma entidade única sozinha” (Citologista), outros ainda revelaram acreditar que, ainda “falta entendermos a relação com o meio. [...] Não adianta você querer estudar só o DNA, o genoma, pois muitas vezes é o ambiente que está interferindo naquele genoma. São muitos fatores atuando” (Geneticista).

Esses discursos revelam, por parte de alguns entrevistados, o descrédito de que seja alcançado todo o entendimento almejado pela genética, enquanto para outros, há concordância de que seja necessário um novo percurso para a genética, voltado para as complexas inter-relações entre gene e o ambiente (*categoria de ciência complexa e multicausal*). Nessa perspectiva, ainda que não seja o melhor caminho desprezar o conceito de gene, é preciso enfrentar a questão de sua imprecisão (NEUMANN-HELD, 2001).

Outros discursos também expressaram valores categóricos semelhantes, ao afirmar que o seqüenciamento representou apenas uma parte exaustiva do processo, demonstrando, ainda, que a relação entre genoma e ambiente não podem ser mensurados somente pela seqüência.

[...]. O que temos são seqüências, até agora o que se fez basicamente foi verificar as proteínas que temos e identificá-las nos genes lá, [...]. Mas pouca coisa nova foi feita no sentido inverso, falta tecnologia [...] (Bioquímico).

[...]. O sistema vivo trabalha com informação difusa, informação em paralelo, então não tem como fazer isso! Esse projeto parte de uma perspectiva no meu entender equivocada em relação aos organismos que foca toda a informação no nível do DNA, no máximo aceita que o RNA tem informação e proteína por ser derivada do DNA (Filósofo da Ciência).

Diante das posições salientadas nessas discussões, não restam dúvidas da importância da epigenética, para a compreensão das regulações gênicas. Entretanto, o grande desafio está no fato de que, enquanto é possível fazer varreduras de um genoma, não é possível a mesma pretensão com a epigenética, uma vez que não se pode medir a modificação do DNA por metilação ou por qualquer outro dos sistemas epigenéticos.

Para Tuma (2002 *apud* LEITE, 2007, p. 98) o meio pelo qual o ambiente interage com o genoma ocorre via modificação epigenética do genoma, acrescentando: “se quisermos

entender a causa real da doença e só olharmos para os genes ou para as mutações de genes, penso que só estaremos considerando metade da história. Podemos fazer isso muito eficientemente – mas temos de considerar a outra metade”.

Possivelmente, a epigenética seja um dos caminhos para a compreensão das interações entre genótipo e fenótipo dos organismos. A ressalva realizada por um dos entrevistados de que o seqüenciamento genômico do camundongo é semelhante ao do ‘*homo sapiens*’, revela dois pontos a serem destacados: primeiro, a lição de humildade para a espécie, diante de tantas semelhanças genótípicas com os demais organismos, considerados como inferiores; e, em segundo, o fato que, diante de um seqüenciamento tão próximo, a resposta das peculiaridades estaria em uma complexa rede entre gene e possíveis ativações e silenciamentos, ainda não compreendidos pela ciência questão perante a quale a epigenética poderia ser um dos campos de acesso.

Nesse panorama, cabe destacar que, o conceito de gene, baseado em entidade uma física e determinista perde suas forças, entretanto, não significa que deva ser desprezado, mas repensado. Inicialmente, alguns autores, entre eles Keller (2002), mencionou acreditar que o conceito pertencia ao século XX, sendo posteriormente empregado somente pela necessidade prática entre os pesquisadores. Outros apostam em uma reformulação, como Neumann-Held (2001), que propôs uma reformulação no que nomeou de ‘conceito processual-molecular de gene’ (*process molecular gene, ou PMG*), reunindo os processos de transcrição e tradução:

“Gene” é o processo (isto é, o decurso de eventos) que interliga o DNA com todas as outras entidades não-DNA relevantes na produção de um polipeptídeo [*molécula composta por uma única cadeia de aminoácidos; proteínas são formadas por uma ou mais dessas cadeias*] particular. O termo *gene*, nesse sentido, designa os processos que são especificados por (1) interações específicas entre segmentos específicos de DNA e entidades específicas não-localizadas em DNA, (2) mecanismos específicos de processamento dos mRNAs resultantes em interações com outras entidades não-localizadas em DNA. Esses processos, na sua ordem temporal específica, resultam (3) na síntese de um polipeptídeo específico. Esse conceito de gene é relacional e sempre inclui a interação entre o DNA e seu ambiente (NEUMANN-HELD, 2001, p. 74).

Leite (2007) afirma acreditar que um conceito como esse (PMG) tem pouco caráter operacional, mencionando também as dificuldades de sua representação em forma de diagramas e esquemas tridimensionais em artigos científicos. Entretanto, a conclusão mais pautável desse debate, não se trata de menosprezar e prescindir imediatamente o conceito de gene, mas de repensar a sua posição na genética, não o privilegiando como o único componente a armazenar toda a *informação* e a deter todo o *controle* do processo de desenvolvimento do organismo (LEITE, 2007), talvez o gene ao invés de assumir tantos papéis na genética, ocupe somente uma personagem instrumental, como sugerido no início do século XX.

Considerações Finais

As análises realizadas com os discursos de professores-pesquisadores evidenciaram a presença de concepções matizadas por valores de legitimação ao cientificismo, consolidado no início da Ciência Moderna, bem como a crença de uma construção linear e cumulativa da ciência. Nas questões pertinentes ao conceito de gene e as expectativas genéticas idealizadas pelo seqüenciamento gênico, se destacaram tendências reducionistas, com o enfoque ideológico da neutralidade e objetividade, a qual valida o conhecimento científico alcançado por métodos experimentais, além da insistente presença do determinismo genético, percebida pelas atuais expectativas gênica.

Entretanto, deve ser ressaltada a presença de uma atenuação nas tendências reducionistas e deterministas nos discursos de várias questões. Esse fato pode ser observado principalmente em questões que pautavam a relação entre o gene e sua expressão fenotípica, o que revela indícios da percepção de uma possível complexidade e imprecisão envolvida no funcionamento entre genes e expressão, demonstrando a possibilidade de rupturas na concepção de ciência cumulativa. Ao longo das manifestações discursivas a cerca do conceito de gene aparecem indícios dessas transitoriedades de valores. Contudo, será que esses indícios sinalizam a instalação de um novo paradigma para esse conceito?

Considerando a perspectiva kuhniana, e o próprio posfácio escrito por Kuhn (1998), o termo gene, no que tange aos aspectos epistemológicos, parece encaixar-se as principais acepções do termo paradigma destacadas pelo autor: crenças, valores e técnicas. Para Kuhn (1998), um conhecimento científico além de estar permeado por esses aspectos, apresenta também uma matriz disciplinar, compostas por generalizações simbólicas, em que a própria interpretação do significado das variáveis envolvidas faz parte do paradigma ou modelo.

Ora, o termo gene, ao longo do século XX e início do século XXI esteve imbuído por características como crenças, valores e técnicas, uma vez que, o modelo científico produzido permitiu muitas pesquisas e o desenvolvimento de técnicas como DNA recombinante alcançando até mesmo as terapias gênicas em trâmite. Contudo, a matriz disciplinar que envolve esse conceito de gene parece apresentar-se perante uma crise, podendo desencadear-se em revolução, na perspectiva Kuhniana (1998), ou apenas em anomalias passíveis de reestruturações.

Apesar da aparência de uma possível crise para o conceito de gene no que se refere a seus aspectos epistemológicos, cabe compreender que essa noção de mudança está atrelada a viabilidade de pesquisas que o conceito permite, de modo que, para os pesquisadores empíricos que trabalham com conceitos operacionais, o conceito tradicional ainda preenche suas necessidades.

Diante dessas afirmações, será que o conceito de gene atravessa uma crise paradigmática, ou apenas algumas anomalias? Possivelmente, no momento atual, esse conceito requeira apenas “algumas emendas conceituais”, o que não significa que ocorrerá uma ruptura paradigmática, ou seja, não se trata de abandonar o conceito, mas de repensá-lo (KELLER, 2002; EL-HANI, 2007). De forma que, possivelmente a permanência do conceito se sustente a partir da mudança de entidade real para uma entidade abstrata, revelando que o momento possa representar apenas sintomas contemporâneos aos valores modernos ainda em voga.

Referências

BURBANO, Hérnan A. Epigenetics and genetic determinism. *História, Ciências, Saúde-Manguinhos*. v.13 n.4 Rio de Janeiro out./dez. 2006. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010459702006000400004&lng=p&nrm=iso&tlng=en. Acesso em: 24/09/2008.

COUTINHO, M. O nascimento da biologia molecular: revolução, redução e diversificação – um ensaio sobre modelos teóricos para descrever mudança científica. *Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília*.v. 15, n° 3, pp. 43-82, 1998.

DULBECCO, R. *Os genes e o nosso future*. São Paulo: Best Seller, 1997.

EL-HANI, C.N. Between the cross and the sword: the crisis of the gene concept. *Genetics and Molecular Biology*, 30(2): 297-307, 2007.

GIL PÉREZ, D; MONTORO, I.F.; ALÍS, J.C.; CACHAPUZ, A.; PRAIA, J. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. *Ciência & Educação*, 7(2), 125-153, 2001.

GRABOWSKI, P. J.; Seiler, S. R.; Sharp, P. A. A multicomponent complex is involved in the splicing of messenger RNA precursors. *Cell*, 42: 345-353, 1985.

HAUSMANN, R. *História da biologia molecular*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1997.

HIRATA, S.; SHODA, T.; KATO, J.; HOSHI, K. Isoform/variant mRNAs for sex steroid hormone receptors in humans. *Trends in endocrinology and metabolism: TEM*, 14 (3): 124-129, 2003.

IZQUIERDO, M., SANMARTÍ, N. e ESPINET, M. Fundamentación y diseño de las prácticas escolares de ciencias experimentales. *Enseñanza de las Ciencias*, 17(1), 45-59, 1999.

JACOB, F. *O rato, a mosca e o homem*. São Paulo: Companhia das Letras, 1998.

JOHANNSEN, W. *Elemente der Exacten Erblchkeitslehre*. Jena: Gustav Fischer, 1909.

_____. The genotype concept of heredity. *Am. Nat.*(45): 129-159, 1911.

KELLER, E. F. *The century of the gene*. Ed, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts, USA, 2000.

_____. *O Século do Gene*. Belo Horizonte: Editora Crisálida, 2002.

KUHN, T.S. *A estrutura das revoluções científicas*. São Paulo: Editora Perspectivas S.A, 1998.

Latour, B. *Jamais fomos modernos: ensaios de antropologia simétrica*. Rio de Janeiro: Editora 34, 2000.

LEITE, M. *Promessas do Genoma*. São Paulo: Editora UNESP, 2007.

LEWONTIN, R.C. Gene, Ambiente e Organismos. In: Robert B. Silvers. (orgs.). *Histórias Esquecidas da Ciência (pp. 93-109)*. Tradução Gilson César Cardoso de Sousa. São Paulo: Editora Paz e Terra S.A, 1997.

MARTINS, J. *Um enfoque fenomenológico do currículo: educação como poésis*. São Paulo: Cortez, 1992.

MAYR, E. *The Growth of biological thought: diversity, evolution and inheritance*. London: The Belknap Press of Harvard University Press, 1982.

MORIN, E. *Introdução ao pensamento complexo*. Lisboa: Instituto Piaget, 1990.

_____. *O método: 4. As idéias*. Lisboa, 1991.

MORGAN, T.H. The relation of genetics to physiology and medicine. In *Nobel Lectures Physiology and Medicine, 1922-1941*, pp. 313-328, Amsterdam, [1933] 1963.

NEUMANN-HELD, E. Let's Talk About Genes: the Process Molecular Gene and its Context. In: Oyama, Susan, Griffiths, P. E., Gray, R. D. (eds). *Cycles of Contingency*. Developmental Systems and Evolution. Cambridge, Mass.: Bradford/The MIT Press, p.69-84, 2001.

ROBERTS, L. Controversial from the start. *Science*, v. 291, n. 5507, p.1182-1188.

STEPHENS, C. Bacterial sporulation: a question of commitment? *Curr Biol.* (B44) 8(2): R45-48.

STROHMAN, R. Maneuvering in the complex path from genotype to phenotype. *Science*, v. 296, n. 5568, p. 701-703, 26.abr.2002.

STUART, K. D.; SCHNAUFER, A.; ERNST, N. L.; PANIGRAHI, A. K. Complex management: RNA editing in trypanosomes. *Trends in biochemical sciences*, 30 (2): 97-105, 2005.

TURELLI, P.; TONO, D. Editing at the crossroad of innate and adaptive immunity. *Science*. 307 (5712): 1061-1065, 2005.

WATSON, J.D.; CRICK, F. A structure for desoxyribose nucleic acid. *Nature* (171): 737-738, 1953.

WATSON, J. D.; BERRY, A. *DNA: o segredo da vida*. São Paulo: Companhia das letras, 2005.

WOLFFE, A.P.; MATZKE, M.A. Epigenetics: regulation through repression. *Science*, v. 286, n. 5439, p. 481-6, 15.out.1999.